

## 熊本大学学術リポジトリ

### Kumamoto University Repository System

Title	陽電子 (Positron) に就て : 論文
Author(s)	園田, 正明
Citation	龍南, 229: 6-24
Issue date	1934-11-25
Type	Departmental Bulletin Paper
URL	<a href="http://hdl.handle.net/2298/7215">http://hdl.handle.net/2298/7215</a>
Right	

## 論 文

# 陽電子 (Positron) に就て

園 田 正 明

### 1. 陽電子ノ發見

最近宇宙線 (Cosmic-ray) ガ原子物理學者並ビニ宇宙論者ノ興味ノ焦點ニナツテ以來、世界各地ノ研究所デソノ研究ガ行ハレタガ、ソノ中デ California Institute of Technology デハ R. A. Millikan ノプログラムノ一部トシテ、Wilson 霧函 (Cloud chamber) ニヨル研究、特ニ其ノ energy ノ測定ガ行ハレテキタ。周知ノ如ク Wilson 霧函ナルモノハ斷熱膨脹ノ際、水蒸氣ガ ion ラ核トシテ凝結スルコトヲ利用シタモノデ、宇宙線ハ伴ハレテ來ル莫大ナ energy ヲ有スル帶電粒子ガ霧函ヲ通過スル際、ソノ中ノ氣體ノ分子或ハ原子ライオン化シ、ソノ結果粒子ノ path ニ沿ウテ ion ガ排列スルコトニナル。從ツテ其ノ ion ノ周圍ニ水滴ガ集リ之ヲ寫真ニトレバ、(Wilson 寫真) 帶電粒子ノ一ツ一ツノ path ヲ明カニナシ得ルノデアル。

此ノ Wilson 寫真ヲ始メテ宇宙線ノ研究ニ用ヒタノハ Skobelzyn デアルガ、之ヲ更ニ改良シ本格的ニ利用シ出シタノ

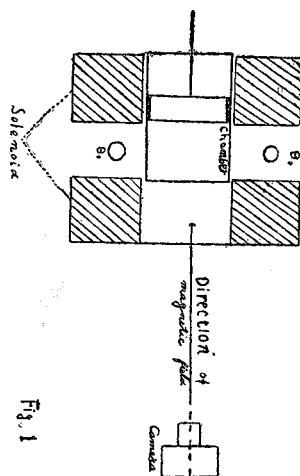


Fig. 1

ハ、上記ノ Millikan 及び此所ニ述ベントスル陽電子ノ発見者 Anderson トデアル。Skobelzyn ノ場合ニハ磁場ノ強サモ 1000 Gauss 位ニ過ギナカツタガ、Anderson 等ハ強電流ニ依リ 20000 Gauss 迄ノ水平磁場ヲ作り、之ニ Fig. 1 ニ示スヤウニ Wilson 霧函及 Camera ヲ裝置シタ。

此ノ裝置ニ依リ Millikan 及 Anderson ハ 1931年11月、1932年3月ニ報告サレテ居ル如ク、○ 粒子ニ陽電氣ヲ帶ビタモノト陰電氣ヲ帶ビタモノ、兩方存在スルコトヲ知ツタ。

Fig. 2 ハ Fig. 1 ノ Camera ノ方カラ見た圖ヲ示ス。粒子ガ上方カラ來タト考ヘレバ、左ニ彎曲シタモノハ、陰電氣ヲ帶ビタ粒子ヲ、右ニ彎曲シタモノハ陽電氣ヲ帶ビタモノヲ示シテキル。Anderson ハ始め、前者ハ電子 (electron)、後者ハ陽子 (Proton) デアラウト推定シテキタ。

此ノ Anderson ガ右ニ彎曲シタモノハ proton デアルト考ヘタノハ、上述シタ様ニ、粒子ガ上方カラ來タト云フ假定ノ下ニ行ハレタ結論デアル。

然シ宇宙線ニ依ル粒子ハ必ズシモ上方カラバカリ來ルモノデナク、下カラ反射サレルモノモアル事ハ Skobelzyn モ示シテ居ル所デアツテ、Fig. 2 ニ於テ右ニ彎曲シタモノハ或ハ下カラ反射サレタ electron ノ飛跡 (track) ガ偶然圖ニ示スヤウニ排列シタノカモ知レナイ。

トロロガ 1932年8月2日 Anderson(2)(4) ハ Wilson 霧函中ニ厚サ 6 mm ノ鉛ノ板ヲ挿入シテ見テ Fig. 3 ニ示スヤウニ寫眞ヲ得、コノニ全ク意外ノ結果ニ達シタノデアル。即チ Fig. 3 ハ正電氣ヲ帶ビテハ居ルガ Proton トハ全ク異ツタ粒子ニ依ルトシナケレバ説明サレナクナツタ。以下彼ノ行ツタ考察ヲ辿ツテ見ヤウ。

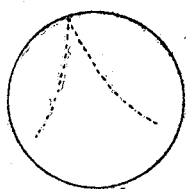


Fig. 2

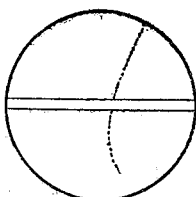


Fig. 3. a.  $H_f = 2.1 \times 10^5$  Gauss-cm  
b.  $H_f = 7.5 \times 10^4$  Gauss-cm.

第一ニ問題ニナルノハ其ノ飛來ノ方向デアル。先ヅ粒子ハ下カラ來タモノトスルト、其ノ彎曲ノ方向カラ、之ハ陰電氣ヲ帶ビテ居ルトイフ事ヲ知ル。然ルニ陰ニ帶電シタ粒子ハ electron 以外ニハ知ラレテ居ナイカラ、(溶液中ノ陰イオンハ別デアル)此ノ粒子ヲ electron ナリトシテ見ル (electron ガ下カラ來ル事ハ前述ノ如ク可能デアル。)

- (1) electron ガ下カラ出テ鉛板ヲ貫通シテ上ニ出タルモノトスル。electron トシテ曲率半径カラ次ノ式ニ依ツテ、其ノ energy ヲ計算シテ見ルト鉛板ノ下側デハ  $20 \times 10^6$  e.v. 上側デハ  $60 \times 10^6$  e.v. トナル。

$$E = mc^2 \left\{ \sqrt{1 + \left( \frac{Hpe}{mc} \right)^2} - 1 \right\} \dots \dots \dots (1)$$

但シ m . . . . . 粒子ノ質量      c . . . . . 光速

H . . . . . 磁場ノ強サ      E . . . . . 粒子ノ energy

p . . . . . track ノ曲率半径 e . . . . . 粒子ノ有スル電氣量 (E.M.U.)

又ハ e.v. ハ electron volt ノ略デアツテ energy ノ一單位デアル、1 e.v. トハ 1 volt ノ電位差ノ所ヲ電子ガ通ツテ加速サレタ時ニ電子ノ得スル energy ノ量デアツテ通常ノ C.G.S. 單位ヲ表セバ

$$1 \text{ e.v.} = 1.59 \times 10^{12} \text{ erg.} = \frac{e}{300} \text{ erg トナル (eハ電子ノ有スル電氣量ヲ E.S.U. ヲ表ヘシタモノ)}$$

即チ此ノ electron ハ鉛板通過ニ際シテ  $40 \times 10^6$  e.v. ノ energy ヲ獲得シテ居ル。斯クノ如ク物質ヲ通過スル際 energy ヲ増ス事ハ事實上不可能デアル。故ニ此ノ考ハ棄テナケレバナラス。

- (2)  $20 \times 10^6$  e.v. ノ electron ガ下カラ出テ來テ鉛板ノ所デ止リ、其レト殆ト同時ニ (track ノ鋭サカラ見テ 約 1/50 秒以内) 前ノ electron トハ獨立シテ他ノ  $60 \times 10^6$  e.v. ノ electron ガ偶然ニ一粒子ノ track ト見エル方向ニ飛ビ出シタモノト考ヘラレナイ事ハナイ。

然レ此ノ考ハ確率ノ點カラ排斥サレル。何トナレバ通常ノ狀態ニ於テ此ノ程度ノ粒子ノ track ガ斯様ニ偶然

ト現レルノハ 500 回ニ只 1 回位ノ割合デアルカラ、其レガ連ツター粒子ノ track ノ知ク見エル事ハ先ヅ超ラナイト見テヨイ。然モ實驗ノ結果ハ 1300 枚ノ寫真中 15 枚モ新様ナ track ラ示シテ居ルカラ此ノ假定ハ成立シナシ。

即チ下カラ來テ electron ニ依ルモノダト云フ説ハ行ハレナクナル。次ニ此ノ粒子ハ上カラ來タモノトスレバ、其レハ正ニ靜電ミニキハ事ニナシ。ニコキ、

- (3) Proton ガ上カラ來テ鉛板ヲ通過シテ下ニ出タモノトスレバ、其ノ track ノ曲率半徑カラ次ノ式ニ依ツテ粒子ノ速度ヲ求メル事ガ出來ル。(3)(4)

$$\frac{v}{c} = H_p / \left\{ \left( \frac{mc^2}{e} \right)^2 + (H_p)^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \dots \dots \dots (2)$$

v . . . . . 粒子ノ速度  
但シ e ハ此ノ場合 E.S.U. ナ表ハス。

鉛板通過後ハ  $H_p = 7.5 \times 10^4$  gauss—cm ナル故、計算ノ結果ニ依レバ、此ノ Proton ノ速度トシテ約  $0.75 \times 10^4$  cm/sec ナル値ヲ得ル。然ルニ Rutherford, Chadwick 及ビ Ellis ニ從ツテ、 $R \sim v^3$  (但シ R ハ射程, Range デアル) トシテ、其ノ射程ヲ求メラ見ルト、空氣中ニ於テ約 5m. mニ過ギタイ筈デアル。(第一表参照)(3)

Talle. I. Relation between  $H_p$ . Velocity and Range of Proton.

$H_p \times 10^{-5}$ gauss—cm.	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0
Velocity $\times 10^{-9}$ — cm/sec.	0.48	0.96	1.92	2.87	3.83
Range. cm. air 15 °C	0.19	1.0	6.9	25.7	69.7

然し Fig. 3 の寫眞ニ依ルハ其ノ射程ハ約 5cm 以上ニ達シテ居リ、Proton ト假定シタ場合ノ約 10 倍デアル。故ニ之ハ Proton ニ依ル track デハナイ事ニナル。

- (4) 正電氣ヲ有シテハキルガ Proton デナイトスレバ其ノ電氣量及ビ質量ハ如何ナルモノデアルカト云フニ、射程及ビ H<sup>+</sup> カヲ見テ電氣量ハ大体 electron ト同ジ程度デアルガ其ノ質量ハ Proton ヨリヌツト小ナル事ヲ列ル。(第二節参照)

即チ斯クノ如キ質量ノ小ナル正ニ帶電シタ粒子カ上方カラ飛ソデ來テ、其ノ energy ノ約 2/3 ヲ鉛板通過ノ際ニ失ヒ下ニ出タモノト考ヘルヨリ外ハナイ。

尤モ第一次宇宙線ガ鉛ノ原子核カラニツノ粒子ヲ發生セシメ、一ツガ上ニ一ツガ下ニ動イタトモ考ヘラレルガ、此ノ考モ下ニ出タ粒子ハ矢張り質量ノ小ナル陽粒子デアルトシサケレバナラナイ。

斯様ニシテ Proton ニ比シテ小ナル質量ヲ有スル陽粒子ノ存在ハ殆ド疑ノ無イモノトナツタ。

彼ハ此ノ陽粒子ニ對シ position (陽電子) ナル名稱ヲ與ヘ、之ニ對シ從來ノ electron ヲ negatron (陰電子) ト稱スル事ニシタ。

1933年3月(304)頁ニ此ノ positron 發見ノ確實ヲ增スヤウナ實驗結果ガ、Cavendish laboratory, Blackett 及 A. Occhialini ニ依ツテ得ラレタ。ソレハ矢張り Anderson ト同様ニ Wilson 霧函ニ依ルモノデアルガ此ノ場合 Fig. 1 B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> ニ示スヤウニ Geiger-Müller の設計管 (counter) ヲ霧函ノ上ニ置キ、此ノ兩者ト霧函トヲ同時ニ宇宙線粒子ガ貫通シタ場合ニ用シ、機電磁 (Relay) ニ依リ自動的ニ霧函ヲ作動サセ寫眞ヲ撮ル様ニ裝置シタノデアル。Camera ハ此ノ際二個使用シ、一トハ Anderson ノ場合ト同様、磁場ニ平行ニ、一ツハ之ト 20°ノ角ヲナスヤウニシタ。之ニ依リ photo ノ形ガ立体的ニ定メラレル譯デアルガ、別ニ stereoscopically ニ見エルトイフノデハナイ。(何トナレバ 20°ノ角ハソレニハ餘リ大キ過ギルカラ。) カクシテ彼等ハ Anderson 等ノ場合ヨリモ多クノ有効ナ寫眞ヲ撮ルコトガ出來タ。

此ノ場合ニモ粒子ノ電氣ノ符號ヲ決定スル爲ニハ、ソノ運動ノ方向ヲ知ラナケレバナラナイガ、此ニハ次ノ四ツノ方法ガアル。

- (1) Anderson ノ場合ト同様ニ霧函内ニ金屬板ヲ置ク。之ニ就イテハ既ニ Anderson ノ場合ニ詳述シタ。
- (2) 若シ粒子ガ free electron 等トノ衝突ニ依リ充分ナ energy ヲ有スル第二粒粒子ヲ發生サセル時ハ、此ノ第二粒粒子ノ方向ハ一次粒子ノ運動方向ヲ現ハス。然シ粒子ノ速度小ナル場合 (約 35000 e.v. ノ程度) ハ衝突ニヨリ容易ニ其ノ方向ヲ變ヌル故、斯様ナ track ニハ餘リ weight ハ置カレナイ。
- (3) 一群ノ tracks ガ一點或ハ一小区域カラ發散シテ居ル場合ガアル。此ノ場合 此等ノ tracks ヲ畫イタ粒子ハ實際ニ其ノ點或ハ一ノ一小区域カラ發散シタト考ヘラレタ。何トナレバ此ノ如ク多クノ粒子ガ途ニ同時ニ一點ニ偶然ニ集ツテ行クト云フ事ハ殆ト考ヘラレナイカラデアル。
- (4) track ガ殆ト垂直方向ヲトツテ居ル場合ハ粒子ガ上ガ下方向ニ向ツタトスル方ガ確率ガ大デアル。此ノ事ハ多クノ場合、イオン密度ガ上ノ方程大デアル事實ニ依ツテモ示サレテ居ル。然シ前述シタ様ニ下カラ反射サレタ粒子ニ實際ニハ存在スル故、コノ方法ハ決定的トハ云ヒ難イ。

以上ノ様ナ方法ヲ運動方向ヲ知り、從ツテ粒子ノ電氣ノ正負ヲ知ルコトガ出來、且 tracks ノイオン密度或ハ射程等ニ依リ Anderson ノ發見シタ、positron ト認イベキモノガ多數ニ存在シテキタ。殊ニ(3)ノ如キハ 23 個モ一點カラ發射サレテキル寫眞ガ得ラレタ。(Fig.4) 斯様ナモノヲ彼等ハ Shower ト稱シテキル。圖デ右ニ彎曲シタモノガ positron ニアル。Blackett, Occhialini ノ斯様ニ一點カラ多クノ粒子ガ發射サレル場合 positron ト negatron トノ數ヲ比較スルト、大体ニ於テ同程度デアルガ negatron ノ方ガ稍多ク、此ノ場合 Positron ハ極メテ稀デアルト言ツテキル。

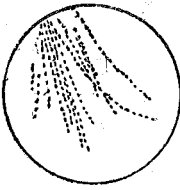


Fig.4 H = 9100 gauss

## 2' Positron の質量及び電氣量

以上述べた様ニ Anderson 及 Blackett, Occhialini の實驗ニ依リ Positron ノ存在ハ確カナモノトナツタノデアルガ次ニ問題ニナツテ來ルノハ其ノ質量ト電氣量トデアル。然シ今日ノ所、未ダソノ精確ナ値ハ得ラレテ居ナイ。之ヲ求メルニハ種々ノ方法ガアル。(1)(4)(5)

前節(1)ニ述べたノト逆ニ、 $H_2^+$ ト粒子ノ射程トヲ測定シ之カラ日及ビ $e$ ヲ求メル事ガ出來ル。

或ハ射程ノ代リニ、track, ノイオン密度又ハ粒子ノ energy-loss ヲ求メテモヨイ。ソノ理由ハ次ノ通りデアル。元來帶電粒子ガ空氣中ヲ通過シ之ヲ電離シテ ion ヲ生ズル際、其ノ粒子ノ速度大ナル時ハ、其ノ通路ニ於ケル電離密度ハ一定ノ  $H_2^+$  ヲ有スルモノデハ粒子ノ質量ニハ直接關係ナク、粒子ノ電氣量ノ自乗ニ比例シ速度ニ反比例スルト云ツテヨイ。而シテ一定ノ  $H_2^+$  ヲ有スル粒子ニ速度ハ前節式(2)デ與ヘラレル故、相等シイ  $H_2^+$  ヲ有セル粒子デモ其ノ質量ガ異レバ電離密度ガ異リ、質量ノ小ナルモノ程ハ $\propto$ 大ニナリ、イオン密度從ツテ energy-loss ハ小ニナリ射程ハ大ナルカラデアル。從ツテイオン密度或ハ energy-loss ト  $H_2^+$  トカラモ日及ビ $e$ ヲ求メル事ガ出來ルノデアル。但シ粒子ノ速度ガ比較的小ナル場合、電離密度ハ質量ニモ關係シテ來ル故上ノ理論ハ適用サレナイ。

以上ノ理論ニ依リ質量及ビ荷電量ヲ定メルニハ、 $H_2^+$ ノ測定ト共ニ其ノイオン密度或ハ射程ノ精密ナ値ヲ必要トスルノデアルガ、現今ノ所、實驗ノ結果ハ粗雜デ之ニ適シナイ。唯ソノ概略ノミヲ知ルニ止ル。

先ヅ第一ニ Anderson(2)ハ Fig 3 ニ示シタ寫眞及ビ同時ニ得ラレタ他ノ 15枚ノ寫眞トカラ、Positron ノ電氣量ハ negatron ノソレノ 2 倍ヨリ小ナリト推定シタ。從ツテ粒子ノ電氣量ハ、negatron ノ電氣量  $4.774 \times 10^{-10}$  C.G.S. 靜電單位ノ整數倍ヨリ外ハ許サレナイトスレバ、此ノ兩者ノ電氣量ハ全ク等シクナル。此ノ結果ト  $H_2^+$ トカラ、ソノ質量ハ陰電子ノソレノ 20 倍ヨリ大ナラズトシタ。後ニ彼ハ Positron ト Wilson 霧國內ノ氣体ノ free negatron トノ衝突ノ觀察



カラ、運動量保存則ニ從ツテ兩者ノ質量ハ 30% 以内デ一致スルト云フ結果ヲ得タ。①

最近ニ至リ電離密度ガ速度ノ比較的大ナル粒子及ビ比較的小ナル粒子トニツイテ測定セラレ、其ノ結果 positron ト negatron トノイオン密度ノ差ハ 20% 以内ナル事ガ明カナツタ。此ノ事實カラ彼ハ兩者ノ電氣量ハ 10%、質量ハ 20% 以内デ一致スル事ヲ示シテキル。②③

又 Brackett ト Occhialini トハ後述スル如ク入射量子ガ原子核ト作用シテ、ソノ際同時ニ positron 及ビ negatron ヲ生ズルト云フ假定ト、其レ等粒子ノ最大 energy ノ測定トカラ、Positron ノ質量ハ negatron 質量ノ  $(1.04 \pm 0.14)$  倍ナル事ヲ導キ出シテ居ル。④ 以上ノ結果カラ見ルニ、positron ノ電氣量モ、質量モ共ニ、negatron ニ等シク、positron ト negatron トハ電氣ノ正負ニ關シテ對稱ノ地位ニアルトシテヨイデアラウ。

### 3. 其の後の實驗 (positron ノ人工的發生)

以上ハ Cosmic ray ニ關シテ positron ヲ認メタモノデアルガ、ソノ後更ニ別方面カラソノ存在ガ確メラレタ。其ノ中ノ一ツハ Neutron (中性子) 發生ニ伴フ場合デアル。

Neutron ハ通常  $\text{Be} + \text{Po}$  カラ出ル  $\alpha$ -particle (He 核) ヲ放射シテ發生セシメルモノデアルガ、ソノ際 Neutron ト共ニ  $\gamma$  線モ出ル事ハ Bothe, Becker 等ノ人々ニ依ツテ明カニサレタ。⑤ 從ツテ  $\text{Po} + \text{Be}$  カラ出ル放射線ノ Wilson 寫眞ヲ撮ツテ見ルト、此ノ  $\gamma$  線ノ Compton 効果ニ依ル反撥電子ノ track ガ認メラレル譯デアル。⑥

Curie ト Joliot トハ此ノ場合霧函ヲ磁場内ニ入レテ撮ツタ寫眞中ニ、多クノ反撥電子ノ track 及ビ其レ等ト逆ノ彎曲ヲナシ而モソノ一端ハ Neutron ノ出テ居ル點ニ終ツテ居ル track ヲ認メタノデアル。彼等ハ此レハ霧函ノ壁ノ原子核ニ neutron ガ衝突シテ此レヲ刺戟シ、 $\gamma$  線ヲ發生セシメ、其ノ Compton 効果ニ依ル反撥電子ガ Neutron ノ來タ方向ト逆ニ飛ンデ行キ、偶然其ノ發生點ニ止ツタモノト解釋シタ。⑦

トコロガ Positron ノ存在ガ宇宙線ノ方向カラ確證サレテ後、Blackett ト Occhialini トハ此レハ恐ラク中性子發生源カラ出ル放射線ニ依ツテ Positron ガ發生セシメラレ、從ツテ negatron ト逆ノ彎曲ヲナシテ Neutron ノ發生點カラ出テ居ルノデハナイカト考ヘタ。ソコデ此レ等兩人ハ Chadwick ト共ニ此ノ解釋ノ正否ヲ確ナル實驗ヲ行ツテ、ソノ結果此ノ考ヘガ正シイ事ガ判ツタ。(1)(4)(5)

(1933年4月)。此ノ實驗ニ於テ磁場ノ強サハ 800 gauss トシ Po + Be ノ Neutron 發生源ヲ霧函ノ壁ノ外側ニ置キ、其ノ内側ニ  $25 \times 2 \text{ mm}$  ノ Pb ノ板ヲ置イテ寫眞ヲ撮ツタ處、track ノ多クハ po + Be カラ出ル反撥電子ニ依ルモノデアツタガ、中ニ Curie, Joliot, ノ場合ト同様ニ逆ノ彎曲ヲナスモノガアツタ。此ガ果シテ Positron ナルカ否カラ決定スルニハ前ニ屢々述べタ如ク其ノ運動方向ヲ知ラネバナラヌ。依ツテ彼等ハ Anderson ノ場合ノ如ク霧函内ニ  $0.25 \text{ mm}$  ノ銅板ヲ置キ、之ニ依ツテ彼ト同様ニ此ノ粒子ハ Neutron 發生源ノ方カラ出タモノデアリ從ツテ陽電氣ヲ帶ビテキルト云フ結論ニ達シタ。而シテ此ノ場合、曲率モイオン密度モ negatron ト略々等シイカラ、ソノ質量モ電氣量モ negatron ト同程度デアリ、從ツテ之ハ Anderson ノ發見シタ Positron デアラウト察セラレル。

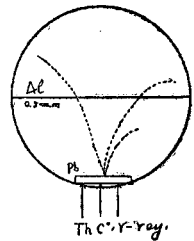
此ノ Cambridge ニ於ケル實驗ト殆下時ヲ同ジクシテ Berlin デモ L. Meiner. K. Philipp ガ同様ナ結果ヲ得テキル。(3)(4) 然シ此ノ場合 Po + Be ノ中性子發生源ヲ霧函ノ中ニ入レテキル。而シテ其ノ發生源カラ negatron ト逆ノ彎曲ヲ有スルモノガ現レル事、其ノ數ハ negatron ノ約  $\frac{1}{5}$  ナル事ヲ認メ、此レヲ Positron ナリト推定シテソノ energy トシテ  $3.4 \times 10^6 \text{ e. v.}$  ヲ得テキル。

此ノ場合霧函ノ中央ニ金屬板ヲ入レナカツタガ、track ノ一端ガ皆中性子發生源ニ集ツテキル事カラシテ、此レカラ出テ來タ事ハ疑ヒナク、從ツテコノ際通常ノ negatron ト逆ノ彎曲ヲシタモノハ Positron ニ違ヒナイト彼等ハ述べテキル。以上 Blackett, Occhialini, Chadwick 及メ Meiner, Philipp 等ノ實驗ニ於テ、Positron ガ Neutron ニ依ツテ發生セシメラレタモノデアルカ、或ヒハ之ニ伴フ線ニ依ルモノデアルカハ此等ノ實驗ノミデハ明カデナカツタガ、次ニ述ベル

Th C",  $\gamma$  線ニヨル Positron 發生實驗カラ見テ大体  $\gamma$  線ニ依ルモノデアラウト考ヘラレテキタ。後 Curie & Joliot  
 ハ吸收係數ノ測定カラ主トシテ  $\gamma$  線ニ依ルモノデアル事ヲ明カニシタ。(1)(6) 即チ Po + Be 源ト Positron ヲ射出セシ  
 メル Pb トノ間ニ 2cm ノ鉛板ヲ置クト Positron ノ數ガ約 40% 減スル。(negatron 卽チ電子(減少スル)) 是ハ  $\gamma$  線ノ  
 $5 \times 10^6$  e. v. ノ energy ヲ有スルモノ、吸收係數ト一致スル。Neutron デハ 12% 以上ハ減少シナイ筈ナノデアル。從ツ  
 テ此ノ場合 Positron ヲ發生セシメルモノハ  $5 \times 10^6$  e. v. ノ  $\gamma$  線デアル事ガ明カニナツタ譯デアル。

彼等ハ又同時ニ兩種ノ electron ノ生ズル割合ヲ求メタ。(3) 即チ H = 1100 gauss ニ於テ鉛カラ出ル陰陽電子中  $10^6$  e. v. 以  
 上ノ energy ヲ有スルモノヲ數ヘテ見ルト negatron 10ニ對シ Positron 2.83 霧國ノ壁カラ出ルモノハ 1.76ノ割合ニナル  
 事<sup>4</sup> 及  $H = 640$  gauss ニ於テ  $0.5 \times 10^6$  e. v. 以上ノ energy ヲ有スルモノハ negatron 10ニ對シ positron 4.5 霧國ノ壁  
 カラ出ルモノハ 3.6ノ割合デアル事ヲ知ツタ。又鉛ノ代リニ厚サ 2 mm ノ Al ヲ用フルト此カラ出ル negatron 10ニ對  
 シ positron ハ 0.53 トナルガ壁カラ出ルモノハ矢張り 1.3 位ノ割合デアツタ。是ハ Pb ハ Al ニ比シテ Positron ノ出シ  
 方が著シク多イ事ヲ示シテ居ル。更ニ U ハ Pb ヨリモ少シ多ク Cu ハ Pb ヨリ少イ事ヲ認メタ。此ヲ以テ見ルト大体重  
 原子ノ方が Positron ヲ出シヤスイヤウニ思ハレル。

又此ノ際生ズル粒子ノ最大 energy ヲ測定シテ negatron, positron ニ對シテ夫々  $4.86 \times 10^6$  e. v. 及  $2.2 \times 10^6$  e. v. ナル  
 値ヲ得テ居ル。(3)(6) ( $\gamma$  線ノ energy.  $5 \times 10^6$  e. v.) 此ノ實測値ハ後ニ示ス如ク理論カラ出シタ値ト非常ニ良ク一致スル。  
 此レ等ノ陰陽兩電子ノ數及ビソノ最大 energy ノ測定ハ理論上極メテ重要ナモノデ、ソノ後種々ノ人ニ依ツテ行ハレタ。  
 人工的ニ Positron ヲ得ル第二ノ方法ハ  $\gamma$  線ヲ直接ニ原子核ニ放射スル事デアル。1933 年 4 月 Anderson (1)(4)(5) ハ  
 $2.5$  cm ノ鉛デ充分ニ filter シタ Th C" ノ  $\gamma$  線ヲ (ソノ energy  $2.65 \times 10^6$  e. v.) Pb ニ放射シンレカラ positron ヲ發生セ  
 シムル事ガ出來タ。彼ハ前述ノ宇宙線研究ニ用ヒタ Wilson 霧國ノ一端ニ Pb ヲオキ、之ヲ強サ 400 gauss ノ磁場内ニ入  
 レ、此ニ Th C" ノ  $\gamma$  線ヲ放射シテ生ズル粒子ヲ中央ノ 0.5 mm ノ Al 板ヲ通過サセテ運動方向ヲ知ルヤウニシタノデ



アル。(Fig.5) 1000枚ノ寫眞中 3枚ガ Alヲ通過シタ Positron ノ track ヲ示シテキタ。又此ノ實驗ニ依リ、量子ノ衝擊ニ依リ、一對ノ positron ト negatron (之ヲ pair ト稱スル)ガ同時ニ發生サレル事モアルトイフ理論的ニ甚ダ重大ナル事實ガ知ラレタ。

此ノ Th C' ノ γ線ニ依ル Positron 發生ノ實驗ハ其ノ後 1933年5月 Curie 及 Joliot ヌヨリ、(1) 同年7月 Meitner 及 Philipp ヌヨリ(2) 繰返ハサレ、其ノ結果種々ノ實驗結果

ガ得ラレタ。

先ヅ最大 energy ニ就イテハ、(3)(6) Curie 等ハ negatron ハ  $2.5 \times 10^6$  e.v. positron ハ  $0.8 \times 10^6$  e.v. ナル値ヲ、Meitner 等ハ positron ニ對シテ  $1.62 \sim 1.82 \times 10^6$  e.v. ナル値ヲ得テキル。之ヲ見ルト Meitner ノ得タ値ハ Curie 等ノ値ノ2倍以上デアルガ、此ノ差異ガ何ニ基クモノデアルカハ後述スル。ソノ後ノ實驗ニ依ツテ Anderson(4)ハ最大 energy ハ  $1.6 \times 10^6$  e.v. デアルガ、positron ノ約 80% ハ  $0.8 \times 10^6$  e.v. ノ positron ヲ有スルト云ツテキル。

次ニ Positron, negatron 及 pair ノ數ノ割合ガ知ラレタ。(1)

Anderson ニ依ル Th C' ノ γ線ニヨリ鉛 (0.25mm) カラ射出セラレタ 1542個ノ粒子中、1387 ハ negatron, 96 ガ positron, 59 ガ pair デアツタ。又 0.5mm Al カラ發射サレタ總數 943 ノ tracks 中、916 ガ negatron, 20 ガ positron, 7 ガ pair ニ依ルモノデアツタ。何レノ場合ニモ negatron ノ數ガ異常ニ多イガ、此ハ鉛ヤアルミニウムノ核外電子ノ Compton 効果或ハ光電効果ニ依リ飛ビ出シタモノデアラウト想像サレル。然レ positron 及 pair ハ確ニ核カラ出タモノニ違ヒナイ。平均シテ同數ノ positron 及 negatron ガ生ズルモノトシテ、線ノ核吸收ノ核外吸收ニ對スル比ヲ計算シテ見レバ、Pb ニ對シテ 20% Al ニ對シテ 50% ニナル。此等ノ値ハ Chao, Meitner, Gray, Taprant 等ニ依ツテ全ク異ツタ方法デ得ラレタ値ト相當良ク一致スル。

此ノ場合 Pb 及 Al ノ代リニ C モ用ヒラレタノデアルガ、此ノ C ノ核吸收ハ前二者ニ比シテ非常ニ少デアツタ。即

チ negatron 415 ニ對シテ positron 及ビ pair ハ夫々 6 及 2 ニ過ギナカツタ。

positron ガ常ニ negatron ト共ニ pair ニナツテ生ズルカ否カトイフ問題ハ此レダケノ實驗結果カラハ明カデナイ。若シ pair ガ生ジタトシテソレガ negatron ヲ追ヒ出シテ單獨ノ positron トシテ現レル確率ヲ計算スル事ハ、ソレガ energy-loss ヤ、金屬板中ニ於ケル散亂或ハ兩成分ノ energy 分布ノ狀態ニ依ルノデアル故簡單ニハ出來ナイ。然シ AI ノ場合ニ於ケル様ニ 20 ノ單獨ノ positron ニ對シテ、7 對ノ pair デハソレ等ガ常ニ pair トシテ生ズルトイフ考ヘト一致セシムル事ハ相當困難デアラウ。

何レニセヨ、今計畫サテレキルヤウナモツト薄イ板カラ粒子ヲ射出セシメル實驗ガ此ノ問題ニ對シテ解ヲ與ヘル事ニナルデアラウ。

#### 4、陽電子ニ對スル諸理論

發見後今尙日淺ク、此ノ陽電子ガ如何ナル機構ニ依リ、何所カラ發生セラレルモノデアルカニ就イテハ、未ダ確ナ理論モナク全ク單ナル臆說ノ域ヲ脱シナイノデアルガ、以下之ニ就イテ種々ノ說ヲ述ベテ見ヨウ。

從來ハ物質ノ窮極單位ハ electron ト Proton デアリ、Proton ト electron ガ集ツテ原子核 (Nucleus) ヲ作り、過剰ナ Proton ノ電氣量ニ相當スルダケノ electron ガソノ原子核ノ周圍ヲ運行シテキルトシタノデアルガ、最近ニ至リ Chadwick ニ依リ中性子ガ發見セラレ、其レガ又窮極ノ單位デアルカ、或ヒハ Proton ト electron トガ結合シタモノデアルカソノ本体ガ明カニサレル前ニ、此ノ positron ガ續イテ發見サレタノデアル。

此ノ positron ト negatron ハ對稱的ナモノデアルガ斯クノ如キ事ガ Proton ニ就イテモ云ハレナイモノデアルカ、換言スレバ Proton ト同シ質量ヲ有シ同量ノ陰電氣ヲ帶ビタモノガ存在スルカ否カハ將來ノ問題デアル。若シソレガ存在スル場合、何故是ト positron トカラ成ル原子或ハ分子等ガ今日迄知ラレテ居ナイノデアルカ、又何故 negatron ヤ Proton ノ

ミガ發見サレ、他ノモノ、發見ガ遅レ或ハ未ダニ發見サレナイノデアルカ、此等ノ問題ハ何レ研究ノ進ムニ從ツテ明ニサレルデアラウガ、positronノ發生ニ關スル說ヲ立テルニ當ツテハ此レ等ノ事モ含ム様ニ考慮シナケレバナラスデアラウ。

Anderson へ Fig.4ノ寫眞カラ positronハ原子核カラ出タモノダラウト云ツテキル。即チ同圖ニ示ス如ク一次宇宙線ガイツノ單位作用ニ於テ多クノ粒子ヲ飛ビ出サセ、而モ其レ等ガ大体一次宇宙線ノ來タト思ハレル方向ニ向ツテ進ンデキル。此ノ事實ハ飛ビ出ス以前ニ、此等ノ粒子ノ間ノ相互作用ガ極メテ緊密デアツテ、大ナル energyデ結合セラレテ居タ事ヲ暗示シテキルト彼ハ述ベテキル。若シサウデナイトスレバ、略々一定ノ方向ニ進ム多數ノ粒子ヲ放出セシムル事ハ殆ド不可能デアル。例ヘバ Compton 効果ノ場合デモ電子ノ衝突ノ場合デモ、ニツ以上ノ粒子ヲ同時ニ飛ビ出サセル事ハ甚ダ少イ。然ルニ斯クノ如キ大ナル energyデ結合サレテキルモノハ原子核以外ニハナイカラ、從ツテ此等ノ粒子ハ共ニ原子核カラ出タモノト考ヘタノデアアル。サレバ此ノ原子核カラ如何ニシテ Positronガ發生サレルニ至ツタカト云フニ、彼ハ核ガ proton 及び Neutron(及び  $\gamma$ -粒子)トカラ成リ、且 Neutron へ Proton ト negatron ガ極メテ緊密ニ結合シタモノデアルトシテ、次ノニツノ過程ヲ假定シテキル。(2)(6)

(1) 一次宇宙線ガ Proton = 作用シテ其ノ energy ノ殆ド全部(宇宙線ノ energy へ Millikan = 依レバ大約  $5 \times 10^6$  e.v. —  $10^{10}$  e.v. ノ程度デアル)ヲ photon (光子) トシテ放出セシム、其ノ殘リガ Positron トシテ現レル。

(2) 宇宙線ガ Neutron ヲ崩壊セシム、之ガ爲陰電子或ハ陽電子ガ放出サレル。前者ノ場合核内ニ殘ルモノハ Proton デアルガ、後者ノ場合ニハ Proton ト同シ質量ヲ有シ陰電氣ヲ帶ビタモノガ核内ニ殘ルガデアル。

實際ニ此ノニツノ過程ノ中何レガ起ルカハ全く知ラレテキナイ。又此ノ陰電氣ヲ帶ビタ Proton ハ未ダ其ノ存在ガ實證サレテキナイシ、又 Neutronガ單ナル Proton ト Negatron トノ結合シタモノデナク、更ニ根本的ナ新シイ種類ノ粒子デアツタ場合此ノ說ハ棄テラレネバナラスカラ、此ノ假說ノ正否ハ全く判斷ガツカナイ。Anderson ハ後ニ此ノ說ヲ棄テ次ニ述ベル Diracノ逆電子(Antielectron)ニ依ル說ヲ探ツテキル様デアアル。Blackett 及び Occhialini トハ、入射量子

依り positron と negatron とが同時ニ 創造セラレタモノト考ヘタ。⑤⑥ 之ニ就イテ少シク詳述シテ見ヨウ。彼等ハ  $Po + Be$  カラ出ル  $5 \times 10^6$  e.v. ノ  $\gamma$  線ニ依ツテ陽電子ヲ發生サセル時ノ重原子ノ有効面積 (effective area) ヲ求メテ、原子核ノ横斷面積ヨリ大ナル値ヲ得テキル。此ノ事實カラ彼等ハ Positron ノ發生ハ主トシテ核外ニ於ケル現象デアラウト推論シテキル。⑤更ニ此ノ見解ハ、一定ノ放射線ニ依ツテ生ズル Positron ノ最大 energy ハ Absorber (吸収物質) 放射サレタ放射線ヲ吸收シ positron ヲ發生スル物質 (Pb, Al 等) ニ依ラナイト云フ實驗的事實ニ依ツテモ強メラレル。何トナレバ若シ Positron ガ原子核カラ生ズルモノトスレバ、此ノ最大 energy ハ Absorber ノ原子ニ依テ變ズルモノト考ヘラレルカラデアアル。從ツテ若シ Positron ガ原子核外デ生ズルモノトスレバ、次ノ様ナ重大ナ結論ガ産レテクル。

# (1) 原子核ニ依レバ核外ニハ Positron ガ存在スベキ餘地ハ無イカラ、其所カラ來ル Positron ハ核外デ創造サレタトシナケレバナラス。此ノ際原子核ハ單ニ觸媒的ナ作用ヲナスノミト考ヘラレル。從ツテ其所デ創造サレタモノトスレバ、電氣量不減則ニ依リ、同數ノ positron と negatron が同時ニ生ズベキデアアル。此ノ事ハ實際ニ pair ノ track ガ見ラレル事ニ依ツテ確メラレル様デアアルガ、Positron ハ常ニ pair トシテ生ズルカト云フ問題ハ前述ノ如ク未ダ明カデナイ。斯様ナ一對ノ陰陽電子ガ生ズルタメニハ $(m_1 + m_2) C^2$ ノ energy ヲ要スル。但シ

$m_1 = m_2$  ハソレゾレノ negatron 及ビ positron ノ質量デアアル。若シ兩者ガ電磁的質量デアアルトスレバ、此ノ energy ハ約  $1.01 \times 10^6$  e.v. ニ達スル。此ノ結果ハ後デ説明スルガ良ク實驗値ト一致スル。

# (2) Positron ハ $\frac{1}{2}$ Spin (自轉) ヲ有シ從ツテ Fermi-Dirac ノ統計法ニ從フベキデアアル。何トナレバ此レガ創造サレル際、energy 不減ナル事ガ觀測サレ、ソノ結果運動量及ビ角運動量ノ保存則ヲ満足サレルベキ事ガ期待サ

レルカラデアアル。ソレ故ニ一量子ガ一對ノ粒子ヲ生ズル際ニハ、角運動量ノ變化ガ 0 或ハ 1 デアル様ナ變化ノミガ許サレル可キデアアルカラ、ソノ粒子ノ各々ハ  $\frac{1}{2} \frac{h}{2\pi}$  ノ spin ヲ有スルコトニナル。此ノ說ハ核ノ spin ヲ考慮ニ入レタ場合ニモ成立スル。

- (3) 量子ト原子トガ作用シテ pairヲ創造スルノト反對ノ過程ガアル。即チ positronト negation 及び原子トガ作用シテ pairヲ量子トガ作用シテ pairヲ破壊スル事ヲ起リ得、且コノ processハ確デナイ。何トナレバ通常ノ密度ノ物質内デハ陽電子ハ永クハ存在シ得ナイカラザアル。

此等ノ結論ハ全ク實驗的事實カラ導キ出シタモノデアルガ、Diracノ電子理論ハ丁度斯様な性質ノ粒子ノ存在スル事ヲ豫言シテ居リ、從ツテ彼ノ理論ガ本質的ニ正シイ事ヲ信ズベキ充分ノ理由ヲ與ヘテ居ル。

即チ Diracノ相對性電子理論ニ於テハ負ノ energyヲ有スル電子ノ狀態ガ如何シテモ避ケラレナイ。(3)(6)(7) Protonニツイテモ同様デアル。今簡單ノタメ此ノ狀態ニアルモノヲ夫々負電子、負陽子(virtual electron, virtual proton)ト名附ケル事ニスル。Diracハ energy 最小ノ原理ニ依リ、宇宙ガ此ノ負電子並ビニ負陽子トニヨリ、Pauliノ排除律ニ從ヒ充滿サレテ居リ、而シテ此ノ充滿ハ吾人ノ觀測ニハカラナイト假定シタ。(Diracノ根本假說、然シ其ノ後ノ考察ニ依リ、此ノ根本假說ノ基礎ハ今日既ニ明白デアル。(此ノ事ニ就イテハ仁科博士ニ依ツテ論ゼラレテ居ルガ)今ハ其レニハ觸レナイ事ニスル)。即チ此ノ負電子並ビニ負陽子ニ依ツテ充滿サレタ宇宙ハ全ク電子及ビ陽子ノ存在セスト同様ニ作用シ、觀測ニ入ツテ來ルモノハ、此ノ充滿カラノ缺損即チ負 energy 粒子ノ空孔(hole)ト正ノ energy 粒子ダケデアルト考ヘル而シテ負電子ノ空孔ハ、質量ハ陰電子ト同ジク其ノ電氣量ハ  $+e$ (negatronノ電氣量)ナル粒子ト同様ノ運動ヲスルモノトシ、Diracハ之ヲ逆電子(anti-electron)ト唱ヘタ。同様ニ逆陽子(Anti-proton)ハ、負陽子ノ空孔デアツテ、質量ハ Protonト同ジク其ノ電氣量ガ  $-e$ ナル粒子ト同様ノ運動ヲスルモノデアル。

Diracハ二ツノ「量子ガ衝突シタ時其ノ energyガ各々  $mc^2$ ヲ越エル場合、何等物質ノ存在シナカツタ場所カラ陰電子ト逆電子トヲ創造シ得ルト豫言シテ居ルノデアルガ、Blackett、及び Occhialiniハ此ノ逆電子ガ Andersonノ發見シタ Positron デアル事ヲ指摘シテキル。然シ今日迄ノ實驗ノ結果 Positron 發生ガ必ズ物質ノ存在ヲ必要トスル事ハ、孰レノ研究者モ認メテ居ルノデアル。從ツテ此ノ現象ハ Diracノ逆電子發生ニハ相違ナイケレドモ、其ノ行程ハ Diracノ豫



言シタモノデハナイ。此ノ事ハ Dirac モ述ベテ居ル通り、二ツノ「量子ガ衝突スル確率ハ極メテ小ナル事カラモ了解サレルデアラウ。然ラバソノ行程ハ如何ナルモノデアラウカ。一体ニ只一ツノ光量子又ハ帶電粒子ガ負電子ニ衝突シテ、此レヲ正ノ energy 状態（之ハ通常ノ陰電子 negatron デアル）ニ移シ負電子ノ空孔即チ陽電子ヲ作ル場合ニ（ソレニハ少クモ  $2mc^2$  即  $10^6$  e.v. ヲ要スル）同時ニ energy ト運動量ノ兩不減則ヲ満足サセル事ハ出來ナイ。energy 則ヲ満足サセルト運動量ノ過剰ヲ生ジル事ニナルカラ、斯様な過程ハ行ハレナイ。然ルニ物質ノ存在スル場所ニ於テハ、相互作用ノタメニ此ノ過剰運動量ハ電子又ハ原子核ニ持去ラレ兩不減則ヲ満足セシメ、只一ツノ光量子又ハ粒子デモ斯様な現象ヲ起シ positron ト negatron トガ創造サレルノデアアル。此レガ今日實驗デ認メラレテ居ル陽電子發生ノ Process デアツテ、Beck, Oppenheimer ト Plesset 及ビ我ガ仁科博士等ノ指摘シタ所デアアル。(9)

此レハ空孔ガアル故正ノ energy ヲ有スル陰電子ニ依ツテ埋メラル可キ運命ヲ有スル。即チ本節(3)ニ述ベタ様ナ逆ノ process ニ從ツテ Positron ハ negatron ト衝突シテ消エテ無クナリ、運動量不減則ニ從ヒ二ツノ photon ( $0.5 \times 10^6$  e.v.) 或ハユク稀ニ一ツノ Photon ( $1.0 \times 10^6$  e.v.) ヲ放出ス可キ筈デアアル。此ノ事ハ Gray, Tarrant 等ノ實驗デ認メラレ、(1) 更ニ後ニナツテ Joliot 及ビ Thibaud ノ人工的ニ發生サセタ Positron ノ絶滅ノ實驗ニ依ツテモ確メラレタ。(2) (然シ硬ハ線ニツイテハ斯様な Photon ハ認メラレナイ)。此ノ爲ニ positron ハ恒久的ニ存在シ得ナイモノデアリ、コレガ今日マデ吾人ノ觀測ニカカラナカツタ理由デアアル。

Dirac ハ此ノ兩電子ノ衝突ニ必要ナ面積ヲ導キ出シ、其レカラ更ニ平均自由路程 (mean free path) ヲ求メタ。(3)

$$\lambda = 1/n\phi$$

$\lambda$  . . . . . 平均自由路程

$\phi$  . . . . . 上記ノ面積

$n$  . . . . . unit volume 中ニ含まレテキル核外電子ノ數

實際ノ數値ハ第II表ノ様ニナル。(但シ水中ニ於テ)。

Table. I. Free Path for Annihilation and Range of Positron.

E energy in 10 <sup>6</sup> e.v.	200	100	50	20	10	5	2	1	1/10
$\gamma$ cm. H <sub>2</sub> O.	833	471	270	133	78.8	47.6	25.9	17.5	7.2
R cm. H <sub>2</sub> O. range.	52	28	16	7.7	4.3	2.2	0.9	0.45	0.05

此レカラ水中ニ於ケル兩電子ノ衝突ノ確率及ビ陽電子ノ平均壽命ヲ求メテミルト。夫々  $25 \times 10^9 \text{ sec}^{-1}$  (但シ  $10^5 \text{ e.v.}$  以下ノ energy ヲ有スル粒子ニ對シテ) 及ビ  $3.5 \times 10^{-10} \text{ sec}$  ナル。此レカラ推シテ霧函内デ其ノ存在ヲ認メテモ其レハ直グ消失シテ了フベキモノデアル事ガ判ル。此ノ  $\gamma$  線ガ原子ニ依ツテ吸收サレ、ソノ結果陰陽電子ノ pair ヲ生ズル事ハ負電ニ依ル光電効果ト考ヘテモ良イ。Beck ハ此ノ負電子ハ  $2 \text{ m}^2$  程度ノ束縛 energy ヲ有シ、吸收ニ與ル負電子ノ數ハ子原子番號ノ平方ニ比例シ且又此ノ pair ノ創造ハ核カラ  $h/2\pi mc = 3.85 \times 10^{-11} \text{ cm}$  ノ距離以內、即チ K-ring ノ充分内部デ起ルト述ヘテキル。(5)

以上ガ pair 創造說ノ大要デアルガ、之ニ從ヘバ前ニ述ベタ最大 energy ニ關シテ得ラレタ實驗結果ヲ良ク説明スル事が出來ル。先ツ Curie 及 Joliot ガ得タ結果ニツイテ云ヘバ ( $\gamma$  線ノ energy  $5 \times 10^6 \text{ e.v.}$ )  $4.56 \times 10^6 \text{ e.v.}$  ノ negatron ノ Compton 効果ニ依ル反動電子デ此ハ問題デハナイ。 $\gamma$  電ノ  $5 \times 10^6 \text{ e.v.}$  ノ energy 中 pair ヲ生ズル際  $= 2 \text{ m}^2 = 1.01 \times 10^6 \text{ e.v.}$  ヲ消費シ殘リガ pair ノ成分タル陰陽電子ニ等分セラレタトスルハ positron ノ energy  $< 1.99 \times 10^6 \text{ e.v.}$  トナリ實驗値ノ  $2.2 \times 10^6 \text{ e.v.}$  ト可成良ク一致スル。

又  $\text{ThC}''$  ノ  $\gamma$  線 ( $2.65 \times 10^6 \text{ e.v.}$ ) ニ依ル實驗ノ中、Curie 等ノ場合ハ上ト同様ノ説明ガツク。Meitner 等ノ場合ハ positron ノ energy  $< 1.62 \times 10^6 \sim 1.82 \times 10^6 \text{ e.v.}$  デアルガ此レハ  $\gamma$  線ノ energy カラ pair 創造ニ要スル energy ヲ引キ去

リ、其ノ殘リガ全部 positron ノ運動ノ energy ニナツトスレバ説明サレル。(D)(5)(6)

然シ此ノ説ニ依レバ Fig. 4 ニ示ス様ナ shower ノ説明ガ不可能デアル。或ヒハ原子核ガ單ナル觸媒的作用以上ノヨリ活潑ナ反應 例ヘバ Shower 中ニ現レル positron 或ヒハ negatron ヲ射出スル様ナ作用ヲナシテキルノカモ知レナイ。Positron ノ波動的性質ニ關スル實驗ハ未ダ一ツモ行ハレテ居ナイ。從ツテ此レガ廻折ヲ起スヤ否ヤハ全く不明デアルガ、negatron カラ類推スレバ恐ラク positron モ廻折スルモノト想像サレル。然シ之ガ確メラレル迄ニハ未ダ相當ノ時日ヲ要スル事デアラウ。

### 3. 結 語

元來 Positron ハ宇宙線ニ關シテ發見サレタモノデアルガ、其レガ此ノ複雑ナ現象中デ如何ナル役割ヲ演ジテ居ルカハ全く判ツテキナイ。唯次ノ事ダケハ一般ニ認メラレテキル。(5)

- (1) Sea-level = 於テ宇宙線ノ電離ニ依テ生ズル速度大ナル粒子ノ約半數ハ positron デアリ、他ノ半數ハ negatron デアル。而シテ其ノ energy ノ範圍ハ  $2 \sim 3 \times 10^6 \text{ e.v.}$  カラ  $10^{10} \text{ e.v.}$  ニ達スル。
- (2) 同様ノ割合ガ Shower 中ニモ表ヘル。從ツテ Shower ハ一々輻射線ニ依ツテ惹起サレタ多數ノ衝突ノ結果、多數ノ Pair ガ創造サレタ事ヲ意味シテキルノカモ知レナイ。
- (3) 地球大氣ニ入射スル粒子ノ大部分ハ陽電氣ヲ帶ビテ居ル事ガ示サレテキル。Sea-level = 於テ Proton ハ極メテ稀デアル故、此ノ正電氣ヲ帶ビタ入射粒子モ positron = 非ズシテ粒電子デアルヲシイ。若シサウダトスレバ、銀河系内空間ニ於ケル宇宙線ノ流レノ大部分ハ Positron ノ形デナケレバナラナイコトニナル。ソノ輻射ノ全質量ハ總テノ恒星及ビ星雲ノ  $1/1000$  デアルト見積モラレテキル故、地上ゾハ極メテ壽命ノ短イ positron モ全体トシテ宇宙ノ重要ナル一成分デアルト云フ事ガ出來ル。

要スルニ Positron、Neutron ト共ニ原子核物理、宇宙物理ノ謎ヲ解ク鍵デアリ、今盛ニ各研究所デ研究ガ進メラレテキル。而シテ此等核物理學ノ進歩ハ引イテハ此ノ宇宙ニ行ハレテキル原子物理的現象ヲ明カニシ、天体物理等ノ進展ニ寄與スル所多大デアラウ。

更ニ最後ニ當ツテ述ベテオキタイノハ此等ノ諸發見ト理論トノ關係デアル。今日相對性量子論乃至ハ量子電磁力等ハ皆行キ詰リノ状態ニアル。若シ此等ノ發見ガ之ヲ端緒トシテ核構造ニ關スル多クノ新シイ實驗結果ヲ齎ラシタ曉ニハ、其レガ又理論ノ發展ニ大キナ衝動ヲ與ヘナイデハ止マナイデアラウ。而シテ理論ト實驗ト相俟ツテ核物理學ノ完成ニ實ヲ結ブモノデハナカラウカ。

本論文起草ニ當リ文献ヲ貸與セラレ且種々御教示ヲ賜ハツタ物理教室及ビ圖書教室ノ諸先生方ニ深ク感謝致シマス。——(1934年10月記)。

# 次 献

- 1) Nature. 133. 313. March 3. (1934).
- 2) Phy. Rev. 43. 491. March 15. (1933).
- 3) Proc. Roy. Soc. A vol. 139. 699.
- 4) 科學 3. (1933). 7月
- 5) Nature. 132. 917. Dec. 16. (1933).
- 6) 科學 3. (1933). 8月
- 7) Heisenberg, Schrödinger, Dirac. Die Moderne Atomtheorie.
- 8) 科學 3. (1933). 10月.
- 9) 科學 3. (1933). 9月.